



BOĞAZİÇİ ÜNİVERSİTESİ

ISS/EC-2007-23

Biyoyakıtlar Türkiye İçin Ne İfade ediyor?

Gokhan Ozertan

ARAŞTIRMA RAPORU

RESEARCH PAPERS

Boğaziçi University Department of Economics Research Papers are of preliminary nature, circulated to promote scientific discussion. They are not to be quoted without written permission of the author(s).

ISS/EC 2007-23

Biyoyakıtlar Türkiye İçin Ne İfade Ediyor?

Gökhan Özertan

Eylül 2007
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Boğaziçi Üniversitesi
34342 Bebek
İstanbul TURKEY

September 2007
Institute of Social Sciences
Boğaziçi Üniversitesi
34342 Bebek
İstanbul TURKEY

Boğaziçi Araştırma Raporları deneme niteliğinde olup, bilimsel tartışmaya katkı amacıyla yayınlandıklarından, yazar(lar)ın yazılı izni olmaksızın alıntı yapılamaz.

Boğaziçi Research Papers are of preliminary nature, circulated to promote scientific discussion. They are not to be quoted without written permission of the author(s).

Biyoyakıtlar Türkiye İçin Ne İfade Ediyor?

Gökhan Özertan
Boğaziçi Üniversitesi
Ekonomi Bölümü
34342 Bebek, İstanbul, Türkiye
e-posta: ozertan@boun.edu.tr

Boğaziçi Üniversitesi
Araştırma Raporu
ISS/EC 2007-23
Eylül 2007

Özet

Yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak biyokütleden elde edilen biyoyakıtların üretimine yönelik oluşturulacak politikalarda enerji, çevre, tarım ve kırsal kalkınma konuları birbirlerine bağlı durumdadır. Yeni teknolojilerin Türkiye’de uygulamaya geçebilmesinde kamu sektörün küçük üreticilere ve özel sektöre vereceği destekler ve teşvikler önemli rol oynayacaktır. Enerji tarımına geçildiğinde kaynakların ve üretim sonrası gelirlerin nasıl paylaşılacağı önemli sorulardır. Gıda güvenliğinin sağlanmasının yanı sıra tarım sektöründeki fiyatların düzenlenmesi için regülasyona ihtiyaç duyulabilecektir. Türkiye’nin biyoyakıtlara yönelik karar alabilmesi için detaylı planlama yapması ve sonrasında enerji, çevre, tarım ve kırsal kalkınmaya yönelik entegre ve dinamik politikalar üretmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyoyakıtlar, enerji bitkileri, enerji tarımı, gıda güvenliği, yenilenebilir enerji, Türkiye

JEL Sınıflaması: O13, Q2, Q4, Q15, Q42, Q48

Biyoyakıtlar Türkiye İçin Ne İfade Ediyor?

1. Giriş¹

Son yıllarda dünyada artan enerji talebiyle birlikte etkileri daha net görülmeye başlanan çevre sorunları fosil yakıt kökenli enerji kaynaklarına alternatif olarak yenilenebilir ve nükleer enerji gibi kaynakları gündeme getirmiştir. Bu alternatiflere yönelmede etkin faktörler olarak ekonomik ve politik sebeplerden kaynaklanan petrol fiyatlarındaki dalgalanmalar, Çin ve Hindistan'ın artan enerji talebi ile enerji fiyatlarında yaşanan yükselişler, önemli üreticilerin doğalgaz arzı üzerinde yaptıkları kısıtlamalar, mevcut fosil yakıtların tükenmekte olması, yoğunlaşan çevre kirliliği ve iklim değişikliği sayılabilir. Özellikle petrol ve doğalgazı yoğun olarak ithal eden ülkeler enerjide dışa bağımlılıklarını azaltmak ve bahsedilen sorunlara çözüm amaçlı olarak alternatiflere yönelmişlerdir.

Biyokütleden elde edilen biyoyakıtlar enerji, çevre ve iklim sorunlarına çözüm getirme amacıyla alternatif bir enerji kaynağı olarak gündeme yerleşmişlerdir. Ancak biyoyakıt üretimi sadece enerji ve çevre politikalarını ile değil, toprağın üretim amaçlı işlenmesinden dolayı tarım ve kırsal kalkınma politikaları ile de yakından ilişkilidir. Enerji tarımına geçişte tarım ürünlerinin enerji hammaddesi olarak kullanılmaları ile birlikte bu ürünlerin üretimi ve bu ürünlere tahsis edilecek kaynaklar genel olarak sosyo-ekonomik yönden toplumun tümünü ve özellikle de kırsal kesimde yaşayan bireyleri etkileyecektir.

Türkiye, enerji amaçlı kullanım için büyük miktarda yakıt ithal etmekte ve aynı zamanda çevre, tarım ve kırsal kalkınma alanlarında yapısal sorunlar yaşamaktadır. Sürdürülebilir büyümeyi arzu eden bir ülke olarak Türkiye için alternatif ve yenilenebilir enerji kaynakları önem arz ederken aynı zamanda farklı imkanlar da sunmaktadır. Her ne kadar rüzgar, ısı, nükleer enerji önemli alternatif enerji kaynaklarını oluştursa da bu çalışmada alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarından özellikle tarım ürünleri vasıtasıyla enerji tarımı amaçlı üretilenler incelenecek ve Türkiye için önemleri tartışılacaktır. Seçilen kaynakların Türkiye'nin enerji, tarım, çevre ve kırsal kalkınma politikaları üzerindeki etkileri bu çalışmanın araştırma konusunu oluşturacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde önce dünya enerji talebi ve sonrasında Türkiye'nin enerji ihtiyacı yer almaktadır. Üçüncü bölümde biyokütle ve biyoyakıtlar

¹ Yardımları için Fikret Akınerdem ve Filiz Karaosmanoğlu'na teşekkür ederim.

tanıtıldıktan sonra dünyadaki ve Türkiye'deki uygulamalar ve biyoyakıtların Türkiye'nin politikaları açısından önemi işlenmektedir. Dördüncü ve son bölümde ise çalışmanın sonuç ve değerlendirmesine yer verilmektedir.

2. Dünyada ve Türkiye'de Enerji

Dünya'da enerjiye olan talep sürekli artmakta ve talebin 2000-2050 yılları arasında iki katına çıkması beklenmektedir. Dünya enerji arzı 1973 yılında 6,128 Mtoe (milyon ton petrol eşdeğeri) olarak gerçekleşmişken 2005 yılında aynı değer 11,435 Mtoe'ye ulaşmıştır. Son değer %35'i petrol, %25'i kömür, %21'i doğalgaz, %10'u yanıcı yenilenebilir kaynaklar ve atıklar², %6'sı nükleer, %2'si hidro, kalan %1'i de jeotermal, güneş, rüzgar, ısı ve benzeri kaynaklardır. Toplam enerji tüketimi ise 1973 yılındaki 4,700 Mtoe seviyesinden 2005 yılında 7,912 Mtoe'ye ulaşmıştır. 2005 yılı değerinin içindeki yakıt payları; %43 petrol, %16 elektrik, %16 gaz, %13 yanıcı yenilenebilir kaynaklar ve atıklar (combustible renewables and waste), %8 kömür ve kalan %4 jeotermal, güneş, rüzgar, ısı ve benzeri kaynaklar olarak gerçekleşmiştir (IEA, 2007).

Dünya'daki ekonomik büyümeye bağlı olarak enerji ihtiyacı yıllık ortalama %3 olarak artmakta, dünya yakıt talebinin ise 2003 yılındaki günlük 80 milyon varilden 2030 yılında %47 artışla günlük 118 milyon varile çıkacağı tahmin edilmektedir (bu artışın yaklaşık %43'ü Hindistan ve Çin'deki talep artışından kaynaklanacaktır). 2030 yılı petrol fiyat tahminleri ise varil başına³ 34 ile 96 dolar arasında değişmektedir. Günümüz itibariyle dünya ham petrol rezervlerinin yaklaşık yarısı kullanılmış durumdadır ve özellikle gelişmiş ülkeler kömür ve petrolü doğalgaz ile ikame ederken gelişmekte olan ülkeler daha fazla kömüre yönelmektedir. Halen fosil yakıtların yaklaşık %75'i ısınma ve güç üretiminde, kalanı ise ulaşım sektöründe kullanılmaktadır. Yakın tarihe bakıldığında ham petrolün varil fiyatı Haziran 1996'da 21 dolar seviyesinden Eylül 2007'de 80 dolara kadar çıkmıştır. Özellikle politik belirsizlikler ve sürekli değişen petrol fiyatları enerji ithal eden ülkelerde talebin karşılanmasında sıkıntılar yaratmakta ve yoğun olarak kullanılan fosil enerji kaynaklarının sınırlı sayıda ülkenin elinde bulunması enerji güvenliği açısından soru işaretleri oluşturmaktadır (Sims, 2006; Bhatt, 2006; Lange, 2007).

² combustible renewables and waste

³ 1 varil = 42 ABD galonu = 0.136 ton, yaklaşık 159 litre

Çevre faktörü olarak yakıtlardan kaynaklanan karbon dioksit (CO₂) salınımı değerlendirildiğinde ise 1973 yılındaki 15,661 Mt (milyon ton) miktarı artan büyüme ve sanayileşme ile birlikte 2005 yılında 27,139 Mt değerine çıkmıştır. 2005 yılındaki salınımın %40.5'i kömür, %39.5'i petrol, %19.7'si gaz ve %0.3'ü diğer endüstriyel yenilenmeyen kentsel katı atıklardan⁴ kaynaklanmaktadır. 2004 yılında 26.9 milyar ton olarak gerçekleşen karbon dioksit salınımının 2015'te 33.9 milyar ve 2030 yılında 42.9 milyar tona çıkması beklenmektedir. Fosil yakıtlar ile enerjiden kaynaklanan karbon dioksit salınımı arasındaki ilişkiye bakıldığında 2004 yılında toplam salınımda kaynak olarak petrolün yüzdesi 40 civarında iken, doğalgazın yüzdesi 20 ve kömürün yüzdesi de 39 olarak hesaplanmıştır. Bu kaynaklar için yüzdelerin 2030 yılında petrolde 36, doğal gazda 21 ve kömürde 43 olması tahmin edilmektedir (EIA, 2007a).

Türkiye'nin 43 milyon ton petrol, 8 milyar m³ doğal gaz ve 11 milyar ton kömür rezervi bulunmaktadır. Türkiye'de enerjinin durumu incelendiğinde 2004 yılında ürün bazında enerji tüketimi olarak %37 petrol, %27 kömür, %23 doğalgaz, %5 hidroelektrik ve %7 diğer yenilenebilir kaynaklar kullanılmıştır. Bu miktarlar içinden Türkiye kullandığı ham petrolün %95'ini, doğal gazın % 98'ini, kömürün % 47'sini ithal etmektedir. Türkiye'de 2004 yılında birincil enerji üretimi 24 Mtep (milyon ton eşdeğer petrol), net ithalat 63 Mtep ve toplam talep 88 Mtep olarak gerçekleşirken talebin sadece %28'i yerli üretim ile karşılanmıştır. Türkiye'nin enerji talebi projeksiyonu ise 2003 yılındaki 63 Mtep'lik rakamın yıllık ortalama %5.9 artış hızı ile 2020 yılında 168 Mtep'e ulaşacağını göstermektedir. Bir diğer projeksiyon ise 2006 yılındaki 97 Mtep'lik talebin %6.2 senelik artış hızı ile 2013 yılında 147 Mtep'e ulaşacağı şeklindedir. Üretim tarafında ise 2003 yılındaki 24 Mtep'lik rakamın yıllık %6.2 artış hızı ile 2020 yılında 66 Mtep'e ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu durumda, 2003 yılındaki 39 Mtep'lik ithalat 2020 yılında 102 Mtep'e çıkacak ve talebin yaklaşık %70'i ithalat yolu ile karşılanacaktır (Tübitak, 2005; DPT, 2006; Akınerdem, 2007; Şahin, 2007).

Yenilenebilir enerji kaynakları göz önünde bulundurulduğunda Türkiye'nin ekonomik hidroelektrik enerji potansiyeli olan yıllık 128 milyar KWh'ın %35'i kullanılmaktadır. 2023 yılında ise potansiyelin hepsinin kullanılması planlanmaktadır. 2004 yılında 56 milyon kWh (19 MW) rüzgar enerjisi, 350 Btep (bin ton eşdeğer petrol) güneş enerjisi, 811 Btep jeotermal ısı üretilmiş olup 2020 yılı üretim

⁴ municipal solid waste

seviyelerinin rüzgarda 8.4 milyar kWh, güneş enerjisinde 862 Btep ve jeotermal enerjide 4.5 milyon ton petrol eşdeğerine ulaşması planlanmaktadır (Tübitak, 2005).

Türkiye’de enerji sektöründe karbon dioksit salınımı 1990-2004 yılları arasında %74 artmıştır. 2005 yılında ise Türkiye’de 218 milyon ton karbon dioksit salınımı gerçekleşmiştir. Aynı yıl için 241 milyon ton değeri kullanılarak yapılan bir simulasyon, 2020 yılındaki değerin 529-605 milyon ton arasında gerçekleşeceğini belirtmektedir (IEA, 2007; Şahin, 2007).

Yıllık benzin tüketimi 4.5 milyon m³ olan Türkiye 2006 yılında günde 576 bin varil ile dünyanın en büyük 14üncü petrol ithalatçısı olmuştur. Türkiye 2006 yılında 10.7 milyar dolar karşılığı 23.8 milyon ton ham petrol ithal etmiştir. Tüm enerji tüketimi değerlendirildiğinde 2010 yılına kadar tüketimin yılda %8-10 oranında artması beklenmektedir. Türkiye enerji sektöründe ithalata bağımlılık 2001 yılında %65, 2002 yılında %72 seviyesinde gerçekleşmiştir. Bu rakamın 2020 yılında %70 seviyesinde tutulması beklenmektedir (Tübitak, 2003; Tübitak, 2005; TKB, 2005; Çetinkaya, 2006; EIA, 2007b; Turkstat, 2007).

3. Biyokütle ve Biyoyakıtlar

Günümüzde kullanılan yakıt ve enerji kaynakları, fosil yakıtlar, gazsal yakıtlar (doğal gaz v.b.), kömür, nükleer enerji, hidrojen, jeotermal, rüzgar, güneş, metan gazından elektrik, ağaç/odun/orman ve dalga enerjisidir. Yoğun olarak kullanılan fosil yakıtlara olan talep sürekli artsa da bu yakıtların gelecekte sürdürülebilir şekilde tüketilmeleri rezervlerinin azalması ve olumsuz çevresel etkileri sebebiyle mümkün olmayacaktır. Bu sebeplerle ve özellikle sera gazı etkilerinin azaltılması amacıyla gelecekte petrol ürünlerinden ziyade enerji kaynakları olarak nükleer ve yenilenebilir kaynaklar olan güneş, hidrojen, rüzgar ve biyokütleden elde edilen yakıtların ön plana çıkması beklenmektedir (Ragauskas ve diğerleri, 2006).

Alternatif ve yenilenebilir enerji teknolojileri içinde önemli kaynaklardan biri biyokütledir (biomas). Enerji üretme amacıyla kullanılan canlı ya da cansız biyolojik maddelere biyokütle denmektedir. Biyokütle enerji kaynakları bitkisel, hayvansal ve organik kökenli kentsel atıklardan oluşmaktadır. Günümüzde yoğun olarak kullanılan biyokütle enerji kaynakları ise ot ve odunsu cinsli enerji ekinleri, endüstriyel ekinler, tarımsal ekinler, zirai ürün atıkları, orman atıkları, kentsel katı atıklar, biyokütle işleme atıkları ve hayvansal atıklardır. Günümüzde biyokütlenin enerji kullanımının

%44'ü Asya ilkelerinde, %23'ü Avrupa, Kuzey Amerika, Avustralya ve Japonya'da, %21'i Afrika'da, %12'si Latin Amerika'da gerçekleşmektedir (Bhatt, 2006).

Alternatif enerji kaynaklarının kullanımında kaynağın fiziksel özellikleri (rüzgar, güneş), arazinin coğrafi ve toprak yapısı, ülke içindeki yasalar ve kurumsal yapı, kırsal kesimde yerel istihdam, işgücü maliyetleri ve yapılan yatırımların getirisi belirleyici faktörler olacaktır. Her ne kadar enerji açısından göreceli olarak biyoyakıtların katkısı bugün için düşük ölçekte gözükse de özellikle tarım ve kırsal kalkınma açısından önemleri daha büyüktür (De Vries ve diğerleri, 2007; Zilberman, 2007).

3.1 Biyoyakıtlar

Biyokütleden elde edilen ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılabilen biyoyakıtlara şu ürünler kaynak olabilmektedir: (i) Bir yıllık ya da çok yıllık katı ürünler (tatlı darı (sweet sorghum), miskantus, reed canary grass (kuş yemi), kolza, kenaf, aspir, dallı darı (switchgrass); hayvansal atıklar; mısır, pirinç, pamuk; çürümüş bitkilerden elde edilen kömür), (ii) sıvı ürünler (biyoalkoller-etanol, metanol, butanol; biyolojik yollarla elde edilen yağlar-bitkisel yağlar, biyodizel), (iii) gaz halindeki ürünler (biyometan, odun gazı). Özetle, biyoyakıtı bitkilerden etanol ya da biyodizel üreterek, biyoenerji ekini yetiştirmekle veya tarımsal (buğday, mısır) ya da hayvansal atık ve atıklarla biyokütleden elde etmek mümkündür. (Bhatt, 2006).

Zaman içerisinde farklı ürünler biyoyakıt kaynağı olarak geliştirilmiştir. Yakıt üretiminde birinci kuşak hammadde olarak tahıllar ve bitkisel ürünler şeker, yağ ve nişasta elde etme amaçlı yetiştirilmişlerdir. Bu şekilde hektar başına en yüksek miktarda yakıt şeker kamışı ve palm'den elde edilmiştir. Teknolojideki ilerlemeler ile birlikte ikinci (yeni) kuşak hammadde temini ise selüloz-yoğun organik madde kullanımı ve liflerin likit biyoyakıtı çevrilmesi ile gerçekleşecektir. Bu teknoloji henüz gelişme aşamasındadır. Selülozik (lignoselülozik) biyokütle ise söğüt, kavak, okaliptüs, switchgrass ve miskantustan elde edilmekte, ek olarak kentsel katı atıklar da kullanılabilmektedir. Bu teknoloji ile etanolü suya az ihtiyaç duyan ve gübre ihtiyacı duymayan switchgrass gibi selülozik biyokütle ekinlerinden üretmek mümkün olacaktır. Switchgrass bir kere ekildikten sonra yıllar boyunca tekrar hasat edilebilmektedir ve mevcut ticari tarım alanları dışında yetiştirilebilmesi sebebiyle diğer tarım ürünleri ile arazi için rekabet etmemektedir. Bunun da manası ikinci kuşak ürünlerin şu an üretilen ya da üretilebilecek tarım ürünleri ile arazi ve yiyeceğe karşı

enerji (gıda güvenliği) konularında rekabet etmeyecek olmasıdır. Bu ürünlerden yakıt üretmek maliyet bakımından cazip olsa da bugün için işleme tesisi kurmak oldukça maliyetlidir (Thoenes, 2005; Worldwatch, 2006; Gallagher, 2006; Schnepf, 2007).

Günümüzde yaygın olarak kullanılan ve yüksek miktarda üretilen biyoyakıtlar ise etanol ve biyodizeldir (VOME)⁵. Etanolü mısır, şekerkamışı gibi C₄ bitkilerinden ya da şekerpancarı, buğday, çavdar, arpa gibi C₃ bitkilerinden üretmek mümkündür. Benzinin oktan sayısını artırma amaçlı veya benzin ile karıştırılıp kullanılan etanolün nakliyesi nispeten ucuz ve kolaydır. Etanol çoğunlukla %5-10 oranında benzin ile karıştırılmaktadır, daha yüksek karışım oranlarında direkt benzin ile rekabet edecek bir yakıt haline gelmektedir. Bu karışımlardan %20'ye kadar olanlarında motorlarda herhangi bir modifikasyon gerekmemektedir. Biyodizel ise kolza (rapeseed), kanola, ayçiçeği, soya, pamuk, aspir gibi yağlı tohumlardan üretilmekte ve petrol bazlı dizel ile karıştırılıp kullanılmaktadır (biyodizeli hayvansal yağlardan da üretmek mümkündür). Bu bitkilere ek olarak keten, kenaf, kenevir, miskantus gibi elyaf bitkileri ve tarımsal (dal, sap, saman, kök, kabuk; buğday ve mısır için artıklardan üretmek mümkün) ve hayvansal artık ve atıklar ile de biyoyakıt üretmek mümkündür. Etanol ve biyodizelin yanısıra, organik kökenli kaynaklar ve çeşitli biyokütle bitkileri vasıtasıyla biyogaz ve biyogazdan da elektrik üretilmekte, üretim sırasında da sıcak su ve organik gübre elde edilebilmektedir (Ültanır, 1998; Eidman, 2005; Walter, 2006; TKB, 2006; Schnepf, 2007; Bhatt, 2006; Öğüt, 2007; Akınerdem, 2005).

Dünyada 2000-2005 yılları arasında etanol üretimi iki kattan fazla bir artış gösterirken biyodizel daha küçük üretim miktarlarıyla başlayıp dört kat artmıştır. Bu artış 2002 yılından beri yıllık %15'lik bir değere karşılık gelmektedir ve yıllık petrol üretimi artışının on katından fazladır. 2005 yılı dünya toplam biyoyakıt üretimi 31 Mt olarak gerçekleşirken bunun 27 Mt'i etanol ve 4 Mt'i biyodizel olmuştur. 2005 yılında dünyada en büyük üreticiler etanolde Brezilya (16.5 milyar litre; şekerkamışından), ABD (16.2 milyar litre; mısırdan), Çin (2 milyar litre), AB (1 milyar litre) ve Hindistan (0.3 milyar litre) iken biyodizelde Almanya (1.9 milyar litre; kolza ve ayçiçeğinden), Fransa (0.5 milyar litre), ABD (0.3 milyar litre), İtalya (0.2 milyar litre) ve Avusturya (0.1 milyar litre) olarak gerçekleşmiştir. 2006 yılı tahmini etanol üretimi 32 Mt (yaklaşık 51 milyar litre) ve biyodizel üretimi 5.4 Mt olarak beklenmektedir. Ancak bu rakamlardan bahsederken unutulmaması gereken bir

⁵ VOME-vegetable oil methyl esters: bitkisel yağ metil esteri

husus biyoyakıtların fosil yakıtlar için bugün ve yakın gelecekte üretim yönünden tam bir alternatif olamayacağıdır. Örneğin, ABD’de halen yetiştirilen tüm mısır etanol üretiminde kullanılsa dahi, bu ABD benzin talebinin sadece %12’sini karşılayabilecektir (Bhatt, 2006; Worldwatch, 2006; Du Pont, 2007; Runge, 2007).

Dünya biyodizel piyasası hacminin 2015 yılında 45 Mt’ye ulaşacağı ve talebin %50’sinin Avrupa ülkelerinden geleceği tahmin edilmektedir. Biyoyakıtların gelecek 25 yıl içinde ABD’deki petrol kullanımının %37’sini ikame edebileceği, benzer değer AB için %20-25 arasında gerçekleşeceği ileri sürülmektedir. Gelecekte, özellikle şu an için neredeyse tamamen fosil yakıtlara bağlı olan ulaşım sektöründe yakıt kullanımının %30’unun biyoyakıtlar tarafından sağlanacağı da ifade edilmektedir. Bu sektör aynı zamanda AB-25 ülkelerindeki sera gazlarının %25’ini üretmektedir (Transportenvironment, 2004; Worldwatch, 2006; Du Pont, 2007).

2003 yılında kabul edilen AB direktifi 2003/30/EC (Biyoyakıtlar Direktifi) kullanılan tüm petrol ve mazot yakıtlarının Aralık 2005’te %2’sinin ve Aralık 2010’da %5.75’inin biyokütleden elde edilmesi hedeflerini koymuştur. 2010-2012 döneminde etanol üretiminde ABD yıllık %16, AB %45, Brezilya %8, Hindistan %15, Çin %3’lük büyüme beklerken, biyodizelde ABD %19, AB %37, Malezya %248, Endonezya %143 ve Tayland %70 büyüme beklemektedir. Dünya palm oil ihracatının %88’ini gerçekleştiren Endonezya ve Malezya ise mevcut palm yağı üretimlerinin %40’ını biyodizel üretmek için kullanmayı planlamaktadırlar. ABD Enerji Bakanlığı 2025 yılında taşımacılıkta yakıt olarak likit petrol kullanımını %30 biyoyakıtlarla, endüstriyel organik kimyasalları da %25 oranında biyokütleden elde edilen kimyasallarla ikame etmeyi hedeflemektedir. 2050 yılı için en iyimser senaryolar biyokütle ile mevcut talebin iki katından fazla enerji üretilebileceğini ve bunun yiyecek üretimine, ormanları korumaya ve biyoçeşitliliğe zarar vermeden yapılabileceğini söylüyor. Kötümser senaryolar ise biyoenerjinin 2050 yılında bugünkünden de az katkı yapabileceğini söylemektedir (Worldwatch, 2006; Ragauskas ve diğerleri, 2006; von Braun, 2007; Cassman ve Liska, 2007).

3.2 Türkiye’de Biyokütlenin Durumu

Türkiye’de 1997 yılında yerli enerji üretiminin %26’sı klasik biyokütle hammaddeleri olan odun ve tezekten sağlanmış, tüketimde ise aynı hammaddeler %10’luk bir değere sahip olmuşlardır. Aynı tarihlere ait tahminler modern biyokütle enerji seviyesinin 2005’de 765 Btep, 2015’de ise 2,500 Btep seviyesinde

gerçekleşmesi beklendiği yönündedir. Türkiye'nin biyokütle potansiyelinin 15 milyon Toe olduğu ve bunun 6 milyon Toe'sinin kullanıldığı, 2 milyon Toe'nin ise biyoyakıt üretimi için kullanılabileceği ifade edilmektedir. Ülke kaynakları ile biyoyakıt üretiminde ise biyodizel için yıllık 1.5 milyon ton ve biyoetanol için yıllık 3 milyon ton üretim kapasitesi olduğu belirtilmektedir (Ültanır, 1998; Tübitak, 2005; ABGS3, 2006).

DPT'nin Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda biyokütle enerjisine yönelik görüşü ise şu şekildedir: "T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı odun ile hayvan ve bitki artıklarını kullanan klasik biyokütle enerji üretiminin 2000 yılında 6,963 Btep ve 2020 yılında 7,530 Btep olmasını planlamıştır. Modern biyokütle enerji üretimi ise hiç ön görülmemiştir. Oysa ticari olmayan klasik biyokütle enerji üretiminin giderek azaltılması ve modern biyokütle enerji üretimine başlanarak bu üretimin artırılması gerekir. Klasik biyokütle üretiminin 2000 yılında 6,963 Btep 2010 yılında 5,734 Btep ve 2020 yılında 3,980 Btep gibi giderek azalan bir eğilim izlenmesi uygun olacaktır. 2000 yılında 17 Btep ile başlayacak modern biyokütle üretiminin 2010 yılında 1,652 Btep'e ve 2020 yılında 3,515 Btep'e yükseltilmesi hedeflenmelidir" (DPT, 2001).

3.3 Biyoyakıt Hammaddeleri

Biyoyakıtların temel hammaddelerinin üretimlerine bakıldığında şöyle bir tablo ortaya çıkmaktadır. 2006 yılı dünya yağlı tohum üretiminin %58'si soya fasülyesi (236 milyon ton), %11'i kolza (46 milyon ton), %11'i pamuk (45 milyon ton) ve %8'i ayçiçeği (30 milyon ton) olarak gerçekleşmiştir. Bitkisel yağ üretiminde ise dağılım %34 palm (41 milyon ton), %30 soya (36 milyon ton), %15 kolza (18 milyon ton) ve %9 ayçiçek (11 milyon ton) şeklindedir. FAO, OECD ve FAPRI'nin 2005-2015 dönemi için yaptığı projeksiyonlar değerlendirildiğinde dünya bitkisel yağ talebinde, arzında ve ticaretinde 2015 yılına kadar %30 artış beklenmektedir. Bu büyümenin temel sebebinin ise gelişmekte olan ülkeler olduğu söylenmektedir. Ancak bu tahminler biyoyakıtların etkisini detaylı projeksiyon yapmak mümkün olmadığı için sadece kısmen yansıtmaktadır (Thoenes, 2005; FAS-USDA, 2007).

Türkiye'de yağlı tohumlar toplam 25.6 milyon hektarlık arazi içinde (5 milyon hektar nadasa bırakılmış) 698 bin hektar üzerinde ekilmiştir. 2003 yılı ithalatı 868,000 ton yağ karşılığı 442 milyon dolar ve 1,400 bin ton yağlı tohum karşılığı 410 milyon dolar ve toplamda 852 milyon dolar olmuştur. Yağ ve yağlı tohumların toplam ithalat tutarı 2005 yılında 1.3 milyar dolar ve 2006 yılında 1.5 milyar dolar dolayında

gerçekleşirken 2010 yılı ithalatının ise 3.2 milyar dolar olacağı tahmin edilmektedir (TKB, 2005; Akınerdem, 2007).

3.4 Üretim ve Maliyetler

ABD’de mısırdan etanol üretimi 1970’lerde işleme tesisi kurmak için verilen desteklerle başlamış ve üretimin günümüz teknolojisine ulaşması 30 sene sürmüştür. Bugünkü üretim maliyetlerine bakıldığında; 2002 yılında yapılan bir çalışmada etanol üretiminde en yüksek maliyetin %57 ile hammadde olarak kullanılan tarım ürünleri ve %43 ile işleme süreci (doğalgaz ya da elektrik enerjisi %14; kimsayal madde %11; işçilik, bakım, tamir %10; işletme maliyetleri ve diğer giderler %9) olduğu hesaplanmıştır. Bu maliyetlere hammaddeyi etanol üretim merkezine taşıma ve nihai ürünü tüketiciye ulaştırma maliyeti dahildir ancak yatırım maliyetleri dahil değildir. Etanolün piyasa fiyatı ise yukarıdaki maliyetler, rekabet ettiği fosil kaynaklı benzin ürünleri fiyatı, destekler ve üretim sırasında (etanol damıtılırken) ortaya çıkan yan ürünlerin fiyatına bağlıdır. Teknolojinin bugünkü konumunu tanımlamak için bir örnek vermek gerekirse 2004 yılında yapılan bir başka çalışmada mevcut en ileri teknoloji kullanıldığında ve ideal üretim koşullarında mısırdan bir galon etanol üretimi sırasında üretmek için kullanılandan %67 daha fazla enerji elde edildiği kaydedilmiştir. ABD’de piyasada satılan yakıt ürünlerinin 2006 yılı Eylül-Ekim ayları bir galonunun satış fiyatı ve enerji değerleri şu şekildedir. Benzin: \$2.22, 115,400 Btu (British termal unit, 1 kWh=3,412 Btu); etanol (E85): \$2.97, 81,630 Btu; dizel mazot: \$2.36, 128,700 Btu; biyodizel (B20): \$2.42, 126,940 Btu; biyodizel (B100): \$3.28, 117,093 Btu (Gallagher, 2006; Schnepf, 2007).

Günümüz teknolojisi ile biyoyakıt üretim maliyetinin varil başına 60-120 dolar arasında değiştiği belirtilmektedir. Biyodizelin üretim maliyetleri üzerine 2004/2005 dönemi için yapılan bir çalışmada bir galon petrol bazlı dizel üretmenin maliyetinin \$0.75 olduğunu, buna karşılık soya yağından bir galon biyodizel üretmenin \$2.86’ya mal olduğu gösterilmiştir. Maliyetleri düşünürken göz önünde bulundurulması gereken iki faktör; etanolün likit yakıt olduğu için ulaşım amaçlı kullanılabilmesi ve alternatiflerinden doğal gaz ve kömür için bunun mümkün olmaması, ve ham petrolü dahi kullanılabilir hale getirmek için rafine etmenin gereğidir. Fiyatı varil başına 50 doların üzerinde çıktığında desteklere gerek kalmadan mısırdan etanol üretmenin ekonomik olarak mümkün olduğu belirtilmektedir. Başka bir çalışmada da biyoyakıtların petrol fiyatları varil başına 50-75 dolar civarında gerçekleştiği takdirde

petrol ürünleri ile rekabet edebileceğini belirtilmektedir (Lange, 2007; Cassman ve Liska, 2007; Schnepf, 2007).

2007 yılında yine etanol üretim maliyetleri üzerine ABD piyasaları için yapılan bir çalışmada şu varsayımlar kullanılmıştır: Tesis 80 milyon \$'a (galon başına \$0.24 ya da kile (bushel) başına \$0.72 sermaye maliyeti) inşa edilecek (10 sene içinde kendini amorti etmesi bekleniyor), senede hammadde olarak mısır kullanılarak 50 milyon galon üretim yapılması, bushel (1 metrik ton = 39.368 bushel) başına 3 galon (1 galon = 3.79 litre) üretilmesi, üretim sırasında ortaya çıkacak yan ürünlerin piyasa fiyatı da göz önünde bulundurulduğunda; tesisin işletme giderleri \$0.52/galon (ya da \$1.56/bushel) tutmaktadır. İşletmeden bir bushel mısır kullanılarak üretilen etanolden \$5.67 kazanılacak, bushel başına işleme maliyeti \$2.28 tutacak (\$1.56 değişken maliyetler, \$0.72 sabit maliyetler), yan ürün olan DDGS'den de bushel başına \$0.66 gelir elde edilecektir. Bunun sonucunda işletme tüm sabit ve değişken maliyetleri karşılarken bushel başına \$4.05 kazanabilecektir (Elobeid ve diğerleri, 2007).

Ancak bütün bu hesaplamalar temel girdi olan mısır fiyatı üzerine yapılan varsayımlara ve tarımsal desteklere (sübvansiyon) bağlıdır. ABD 2006 yılında biyoyakıt üretimi için 5-7 milyar dolar arası destek vermiştir. Buna ek olarak hem ABD'de hem de Brezilya'da etanol fiyatları desteklerden ve uygulanan politikalardan dolayı "yükseltilmiş" durumdadır. Kasım 2006'da ABD etanol fiyatı üretim maliyetinin iki katı olan \$0.6/litre ve Brezilya'da da yine üretim maliyetinin iki katı olarak \$0.4/litre civarındaydı. Avrupa'da ise VOME-kolza fiyatları 700 €/ton'a etanol fiyatı da €0.6/litre'ye ulaşmıştır. Hammadde fiyatları da yeni teknolojilerin petrol ürünleri ile rekabetinde belirleyici olacaktır (Prieur-Vernat ve His, 2007).

Biyoyakıtların üretim maliyetleri incelendiğinde, bugün için enerji tarımın yüksek seviyelerde desteklendiğini ve biyoyakıt üretiminin mevcut teknolojilerle oldukça masraflı olduğunu görmekteyiz. Tahminler 2050 yılında enerji bitkilerinin günümüzün en maliyetli kömürleri seviyesinde üretilebileceğini belirtmektedir. Günümüzde üretilen etanol bir geçiş dönemi teknolojisini ürün olarak teşhis edilmektedir. Uzun dönemli hedef ise gelişmiş biyorafineriler kurarak biyokütleden direkt yakıt üretmektir. Bu rafineriler biyokütlenin tüm parçalarını kullanarak daha verimli üretim yapacaklardır. Ancak önemli bir soru biyorafinerilerin üretime ciddi katkıda bulunması için ne zaman hazır olacağıdır. Ek olarak, konu üzerine yapılacak araştırma-geliştirme faaliyetleri teknolojinin geleceğini belirleyecektir. Bugün ABD'de dahi kamu sektörü desteği olmadan biyokütleden enerji üretme teknolojisinin

gelişmesinin çok zor olduğu belirtilmektedir (Gallagher, 2006; Sims, 2006; Ragauskas ve diğerleri, 2006; Eidman, 2005).

Türkiye’de biyoetanol üretimi maliyetlerinin ise %62 hammadde, %8 işçilik ve %29 diğer maliyetlerden oluştuğu ifade edilmektedir. Üretime yönelik olarak ise bir hektara ekilmiş şekerpancarından 87.7 ton hasat elde edilebildiği ve 3,755 kg (4,755 litre) etanol üretilebildiği, bir hektara ekilen buğdaydan ise 12.5 ton hasat elde edilebildiği ve 1,642 kg (2,081 litre) etanol üretilebildiği bildirilmektedir. Kanoladan biyodizel üretimi değerlendirildiğinde 1 hektara yapılan ekimden 8,650 kg hasat elde edilmekte ve 1,425 litre de biyodizel üretilebilmektedir. Üretim tesisi kurulma maliyetlerinin ise 20-200 milyon dolar arası değişebildiği belirtilmektedir (Oğuz, 2005; Ögüt, 2007).

3.5 Biyoyakıtların Çevre Politikasına Etkisi

Biyodizel biyolojik olarak çözülebilen, toksik olmayan, bu sebeplerle çevre dostu olarak nitelendirilebilecek ve alternatif ve yenilenebilir enerji kaynakları içinde en yüksek Btu değerine sahip olmaktadır. Biyoyakıtların yenilenemeyen enerji kaynaklarının tüketimini ve özellikle sera gazı salınımlarını azalttıkları gösterilmiştir. Bu da özellikle büyük şehirlerdeki hava kirliliğini azaltmada ve hava kalitesini artırmada önemli bir faktör olabilir. Bir birim biyoenerji üretiminde ortaya çıkan net karbon salınımı fosil yakıt bazlı ürünlerden çıkan salınımdan 10-20 kat arası daha azdır. Biyodizel kullanımı ve üretimi petrol bazlı dizele göre %41-78 arası daha az emisyonu sebep olmaktadır. Selülozik etanol üretimi ile de karbon dioksit nötr enerji elde etmenin mümkün olduğu ve benzine göre de %82-85 daha az emisyon ortaya çıktığı belirtilmektedir. Ancak burada unutulmaması gereken husus, günümüz teknolojisi ile üretilen biyoyakıtların sera gazlarını azaltmak için kullanımının oldukça maliyetli olması ve Brezilya dışında üretimi düşük maliyet ile yapabilen ülkenin bulunmamasıdır. Göz ardı edilmemesi gereken diğer bir husus ta biyoyakıt üretimi sırasında da fosil yakıt kullanılmasından dolayı sera gazı etkisi yaratıldığıdır. Bu sebeple yeni teknolojiler ile üretimi daha da geliştirmek gerekmektedir. Önümüzdeki yıllarda etanol üretimi için yoğun olarak selülozik biyokütle teknolojisinin kullanılması beklenmektedir (Bhatt, 2006; Worldwatch, 2006; Sims, 2006; Farrell ve diğerleri, 2006; Du Pont, 2007; Runge, 2007; Demirbas and Demirbas, 2007).

Çevresel olumlu etki olarak selülozik biyoyakıtın çok senede yetiştirilen (perennial) otlarla gerçekleşmesi ve erozyonu önleyecek ağaçlardan üretilebilmesi gösterilmektedir. Bu yeni bitkiler ve ağaçlar sayesinde monokültür tarımdan da çıkılmış olacaktır. Selülozik etanol üretmek üzere dünyada özellikle büyük ölçekli tesislerin yapımı sürmektedir, ancak teknolojinin gelişmesi için 7-10 seneye daha ihtiyaç bulunmaktadır (Dale, 2007; Cassman ve Liska, 2007).

3.6 Biyoyakıtların Ekonomiye Etkisi

Biyoyakıt üretiminde özellikle toprak veriminin yüksek ve işgücünün ucuz olduğu ülkelerin avantajlı olduğu belirtilmektedir. 2006 yılı rakamları kullanıldığında Brezilya'da şekerkamışından etanol üretmek benzin üretmekten daha ucuza mal oluyordu. Benzer şekilde atık yağlardan biyodizel üretmek te mazottan dizel üretmeye yakın bir değere mal oluyordu. Ancak bu maliyet hesaplarında verilen teşviklerin önemini de unutmamak gerekiyor. Buna ek olarak biyoyakıtlara olan talep de önemli bir faktör. Örneğin, ulaşımda kullanılan araçların biyoyakıt ile çalışabilmesi için motorlarında modifikasyon gerekip gerekmeyeceği, ya da yeni piyasaya sürülecek araçların biyoyakıt ile rahatlıkla çalışabilmesi (esnek yakıt-flex fuel araç) talep yönünden önemlidir. Halen Brezilya'da satılan araçların %80'i flex-fuel'dir. Ek olarak, biyoyakıt için yaratılan talebe örnek olarak Sao Paulo şehrinde faaliyet gösteren bir otobüs şirketinin filosundaki 1,880 araçta %30 biyoyakıt, %8 etanol ve %62 mazot kullanması gösterilebilir (Green Car, 2006; Worldwatch, 2006).

Biyoyakıt kullanmanın mali etkisi hesaplandığında Brezilya'nın 1976-2004 yılları arasında benzin ikamesinden 61 milyar dolar, bu miktara dış borç için ödenen faiz eklendiğinde 121 milyar dolar kazançlı olduğu hesaplanmaktadır. Bunların ekonomiye etkisi ise dış borçlardaki azalma ve bunun yanısıra enerji arzındaki güvenlik olarak ifade edilebilir (Walter, 2006).

Biyoyakıtların uluslararası ticareti şu an için yüksek rakamlarda değildir. Bunun artabilmesi için ülkeler arası ticaret anlaşmalarının düzenlenmesi gerekmektedir. Bugün için sınırlı sayıda ülkenin bu ürünleri ihraç edebilmesi mümkündür. İlerleyen dönemlerde Dünya Ticaret Örgütü'nün konu hakkında düzenleme yapması da beklenmektedir. Hem ABD hem Brezilya bu konuda şu an için korumacı politikalar takip etmektedir. ABD'de galon başına 0.57 dolar, Brezilya'da da benzer şekilde ithalat vergileri mevcuttur. Gelecekte ticareti engelleyici/kısıtlayıcı faktörlerin azaltılması (ayrıcalıklı vergi işlemi tanınması-preferential tax treatment) ve

biyoyakıtlara olan talebin özellikle otomotiv endüstrisi sayesinde artması ile bugün için biyoyakıt hammaddesi yetiştirmeyen ya da biyoyakıt üretmeyen ülkeler de ithalat yolu ile bu sektöre girmek isteyeceklerdir. (De Vries ve diğerleri, 2007; Gallagher, 2007).

Enerji tarımı amaçlı ürün ekimiyle birlikte özellikle gelişmiş ülkelerde hububat fiyatlarıyla yükselecek, bunu takiben üreticilerin gelirleri artacak ve bu da desteklerin azalmasına sebep olacaktır. Bu durum da gelişmekte olan ülkeler ile ticaretin artmasını sağlayabilecektir (Cassman ve Liska, 2007).

3.7 Biyoyakıtların Tarım Politikalarına Etkisi

Türkiye'nin toprak kaynakları incelendiğinde toplam tarım alanının 28 milyon hektar ve bunun 25.8 milyon hektarının sulanabilir alan olduğu görülmektedir. Halen 5.1 milyon hektar arazi sulanmakta ve hedef olarak ta 8.5 milyon hektar arazinin sulanması planlanmaktadır. Türkiye'de yaklaşık 3.1 milyon tarım işletmesi bulunmakta, bunların arazi olarak %65'i 5 hektardan küçük, %83'ü 10 hektardan küçük ve %6'sı da 20 hektardan büyük arazilerde tarımsal faaliyet göstermektedir. Bu işletmelerin ortalama büyüklüğü ise 6 hektardır. Türkiye 2006 yılı itibariyle 72 milyonluk nüfusa, 403 milyar dolar GSYH'ya sahiptir. Tarım sektörünün GSMH içindeki payı %11 iken toplam istihdam içindeki payı 2004'teki %34 seviyesinden 2006'da %27'ye inmiştir. Tarımda büyüme değerleri seneler içinde değişiklik gösterse de 2004 yılında %2, 2005'te %5.6 ve 2006'da %2.9 olmuştur (Çelik, 2006; DSİ, 2007; TUIK, 2007; World Bank, 2007).

Son yıllarda enerjiye olan talepteki artışla birlikte girdi fiyatlarının da artması tarım ve kırsal kalkınma üzerinde bir baskı oluşturmaktadır. Alternatif yakıt türü olarak önerilen biyoyakıtların tarıma olan etkisinde incelendiğinde hem ekonomik hem çevresel faktörler ön plana çıkmaktadır. Öncelikle enerjiye yönelik tarım ürünü yetiştirilmesi ile birlikte ekim alanları artmaya başlayacaktır. Bunun olumsuz çevresel etkileri ise artan ekim alanı ile birlikte toprağın yıpranması, erozyon, biyoçeşitliliğin azalması, monokültür ekimi⁶, doğaya salınan kimyasal maddenin (gübre ve pestisitler) artması şeklinde sıralanabilir. Biyoyakıt amaçlı yeni arazilerinin tarıma açılması ve ürün ekimiyle birlikte su kullanımı önemli bir sorun olarak ortaya çıkacaktır. Suya olan talebin artmasının yanısıra yüksek enerji maliyetleri de üretimi etkileyecektir.

⁶ GAP Bölgesi'ndeki pamuk monokültürünün olumsuz sonuçları için bkz. Adaman ve Özturan (2007)

Burada önem kazanacak hususlar suyun nasıl paylaşılacağı ve nasıl verimli olarak kullanılabileceğidir. Mikro sulama da olduğu gibi teknolojiye yatırım ile muhtemel olumsuz etkilerin azaltılması mümkündür (Zilberman ve diğerleri, 2007).

Ne kadar alanda ekim yapılacağı fosil yakıt fiyatlarına ve arzına da yakından bağlıdır. Bu arada üretimde kullanılan tohumların özelliği de önemlidir. Genetik mühendisliği kullanılarak modern biyorafineri çalışmaları için kuraklığa, ısı farklılıklarına genel olarak biyolojik ve çevresel etkenlere dayanıklı ürünler geliştirilmiş bulunmaktadır. Ancak toplumların genel tepkisi yüzünden her ne kadar yeni ürünler yiyecek yerine enerji amaçlı üretilmiş olsalar da çok cazip değildirler⁷ (Ragauskas ve diğerleri, 2006; Sims, 2006; Cassman ve Liska, 2007).

Yetiştiricinin elde edeceği fiyat ise biyoyakıt hammaddesinin arzını belirleyecektir. Öncelikle biyoyakıt amaçlı ekilen ürünlere yönelik bir fiyat politikası oluşturulması gerekmektedir. Örneğin, ABD’de Aralık 2006 döneminde mısır fiyatları son on yılın en yüksek seviyesine ulaşırken Mart 2007’de vadeli işlem piyasalarında mısır yine son 10 yılın en yüksek değerine ulaşmıştır. Bu sonuçların önemli sebeplerinden biri de etanol piyasasıdır. Ancak yine de düşebilecek biyoyakıt fiyatlarına karşı çiftçilerin sigorta edilmesi/desteklenmesi gerekebilir. Ek olarak, enerji fiyatlarıyla tarım ürünleri fiyatları arasında da yakın bir ilişki olduğu gözlemlenmektedir. Hem yiyecek hem de yakıt olarak kullanılabilen tarım ürünlerinin fiyatları da özellikle yakıt hammaddesi olma değerlerine göre artmaktadır (Prieur-Vernat ve His, 2007; Zilberman, 2007; Runge, 2007; Ögüt, 2007; von Braun, 2007; Cassman ve Liska, 2007).

Verilmesi gereken önemli olan bir karar artan dünya nüfusuna paralel olarak yiyecek için mi yakıt için mi üretimdir (gıda güvenliği). Bu da toprak ve su kaynakları kullanımında rekabet olup olmayacağı ve örneğin insan tüketimi için mi yoksa enerji amaçlı mı yağ üretilceği sorusunu doğurmaktadır. Biyoyakıt amaçlı tarım ürünü ekimi ile birlikte gıda ürünleri fiyatları üzerinde bir baskı oluşması ve bu ürünlerin fiyatlarının artması beklenmektedir. Gelişmiş ülkeler için bu artışlar fazla olumsuzluk yaratmasa bile gelişmekte olan ülkeler için ekmek gibi temel gıda maddeleri üzerinde önemli sonuçlar doğurabilir (Zilberman ve diğerleri, 2007).

Biyoyakıt amaçlı üretilen tarım ürünlerinin VOME amaçlı kolza yağı ya da ayçiçek yağı için 1 toe/hektar, buğday ya da mısırdan etanol için 1-2 toe/hektar ve

⁷ Biyoteknoloji ve biyoyakıtlar için bkz. Morris ve Hill (2006), Torney ve diğerleri (2007)

şeker pancarı ya da şeker kamışından etanol için 3-4 toe/hektar verim verdiği ifade edilmektedir. AB ve ABD'deki benzin ve mazot kullanımının %10'unu ikame etmek için işlenebilir arazinin %20-25'ini kullanmak gerektiği iddia edilmektedir. Ancak bunun da bir ikilem olmadığı, aslında gıda güvenliğini tehdit edici unsurların bulunmadığı ve dünya yiyecek arzını etkilemeden de enerji tarımı yapılabileceği ifade edilmektedir. Üretim artışı ile birlikte özellikle hayvan yetiştiricilerinin hammadde fiyatları (hayvan yemi) artacak ve bu da et ürünleri fiyatlarının artmasına sebep olacaktır. Ancak buna karşılık aynı yetiştiriciler yüksek proteinli tarım ürünlerinin yan ürünlerini de hayvan yemi olarak kullanılmak üzere daha ucuza alabileceklerdir⁸ (Prieur-Vernat ve His, 2007; Farrell ve diğerleri, 2006; Walter, 2006; Ögüt, 2007, Oğuz; 2005; Zilberman, ve diğerleri, 2007).

Üretici yönünde ise tarım ürünleri sezonluk/senelik üretilirken miskantus gibi birden fazla senede yetişen biyoenerji bitkilerinin ekonomik getirisi ancak bir kaç sene sonra ortaya çıkabilmektedir. Ulaşım maliyetlerinde belirleyici bir unsur da güç üretim santrallerinin farklı bölgelerde yer alma durumudur (Sims, 2006).

Biyoeçeşitlilik açısından bakıldığında, biyoyakıt üretimi sırasında doğa dostu arazi kullanımının mümkün olduğu belirtilmektedir. Ancak daha önceden nadasa bırakılmış alanların ya da otlakların ekilmesi ile birlikte hasat sırasında karbon dioksit açığa çıkacağı için bu da olumsuz bir etki yaratacaktır. Artacak tarım ürünü fiyatları toprakların daha yoğun işlenmesini, daha fazla kimyasal madde kullanımını gerektirecektir. Burada dikkat edilmesi gereken bir husus korumalı tarım ve tekniklerinin (conservation tillage) uygulanmasıdır. Geleneksel toprak işleme tekniklerine dönüldüğü takdirde bunun çevre sorunlarını da beraberinde getireceği unutulmamalıdır. Benzer şekilde ürüne uygun ekim nöbeti kullanılarak toprakta verim artışı hedeflenmelidir (EEA, 2004; Okursoy, 2006; Cassman ve Liska, 2007; Ögüt, 2007).

3.8 Biyoyakıtların Kırsal Kalkınma Politikalarına Etkisi

Çiftçilerin yeni teknoloji için üretilecek ürünleri benimsemesi ve kabul etmesi ile birlikte biyoenerji amaçlı tarımsal üretimi artacaktır. Bunun sonucunda da yeni araziler tarıma açılacak, tarım ürünlerinin talebinde artış görülecek, yetiştiricilerin

⁸ Bu yan ürünler biyodizel üretiminde ortaya çıkan ve hayvan yemi olarak kullanılabilen küspe, kozmetik maddesi ve deterjan olarak kullanılabilen gliserin, biyoetanol üretiminde ortaya çıkan DDGS (Dried Distillers Grains with Solubles, damıtma küspesi), mısır gluten unu ve mısır yağıdır

yanısıra dağıtım-nakliye ve işleme kanallarında çalışanlar ile birlikte yaratılan iş imkanları ve istihdam artacak, kırsal kalkınmaya destek olunacak ve bunlar da kırsal kesimde yaşam kalitesini artıracaktır. Bu şekilde kente göçün de azalması mümkün olabilecektir. Örneğin, Endonezya’da üç sene içerisinde palm yağı biyodizel endüstrisinin ilgili sektörlerde 2.5 milyon kişilik istihdam yaratması beklenmektedir. Brezilya’da ise 2005’deki 420 milyon ton şeker kamışı üretimi sırasında yaklaşık bir milyon kişiye istihdam sağlandığı ve sadece mevsimsel değil, kullanılan makinelerin bakımı gibi sürekli işlerin de yaratıldığı belirtilmektedir (Walter, 2006; Cassman ve Liska, 2007; Zilberman, 2007).

Ancak burada önemli bir husus farklı ölçeklerdeki işletmelerin ve üretim zinciri bağlantıları ve dikey bütünleşmenin (vertical integration) yeni teknolojilerden nasıl etkileneceğidir. Bu yeni sektörde yüksek miktarda finansal sermaye yatırımı yapmış aktörlerin yanısıra küçük üreticilerin de bulunması devlet müdahalesini gerekli kılmaktadır. Örneğin, Brezilya’da etanolün %30’unu küçük çiftçiler üretmekte fakat aynı çiftçiler fiyatlar üzerinde pay sahibi olmamaktadır. Üretim maliyetleri de özellikle mekanize olmuş yetiştiricilerin büyük ölçekli yaptığı üretim ile düşmektedir. Ek olarak, elde edilecek kârın nasıl paylaşılacağı önemli bir husus haline gelmektedir. Dolayısıyla bu sektörde regülasyona ihtiyaç duyulabilir. Küçük çiftçilerin üretim sürecinde olumsuz olarak etkilenmemeleri için uygulanabilecek alternatifler olarak sözleşmeli çiftçilikle veya Brezilya’daki Sao Paulo ya da ABD’deki Minnesota örneklerinde olduğu gibi kooperatifler kurularak asimetrik etkiler azaltılmaya çalışılabilir (Walter, 2006; Scott, 2006).

Önümüzdeki yıllarda hububat fiyatlarında görülebilecek artışların özellikle düşük gelir seviyesindeki insanlara etkisinin azaltılması için de çalışmalar yapılması gerekmektedir. Bunlar ise tarımsal araştırmaya, eğitime ve kırdaki tarımsal üretimi artırma amaçlı altyapıyı geliştirmeye yönelik olmalıdır. Fiyat artışları sadece enerji tarımı amaçlı yetiştirilen ürünlerin fiyatlarını ile sınırlı kalmayacaktır. Bu ürünlerin cazip hale gelmesinden ve çiftçilerin bu ürünleri üretmeye yönemesinden dolayı ekim alanı azalan diğer ürünlerin de fiyatları artacaktır (Cassman ve Liska, 2007).

Enerji tarımına geçiş ile birlikte özellikle kırsal kesimdeki insanların nasıl etkileneceği sıralanan bütün faktörler göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir.

3.9 Biyoyakıtlar ve Türkiye

Türkiye’de enerji üzerine yapılmış mevcut yasal düzenlemeler şu şekilde sıralanabilir: Petrol Piyasası Kanunu (20 Aralık 2003), Petrol Piyasası Lisans Yönetmeliği (17 Haziran 2004), Petrol Piyasasına Uygulanacak Teknik Kriterler Hakkında Yönetmelik (10 Eylül 2004), Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği (19 Nisan 2005) ve Biyodizel Standardları. Bunların yanısıra Türkiye Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesini imzalamış (Mayıs 2004) ve İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planını hazırlamaktadır. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (No. 5346) Mayıs 2005’te TBMM’de Kabul edildi. Ancak Türkiye 2012’de yürürlükten kalkacak olan Kyoto Protokolü’nü halen imzalamamıştır (Zeyrek, 2005; TKB, 2006).

Türkiye’nin biyoyakıt alanında önemli oranda büyüme potansiyeline sahip olduğu ifade edilmektedir. Türkiye’nin yıllık biyoyakıt üretim potansiyelinin 450,000–970,000 ton arası olduğu belirtilmektedir. 2005 yılından beri buğdaydan elde edilen biyoetanol ile üretilen biobenzin piyasada satılmaktadır⁹. Biyodizel mevcut yağ teknolojisi ile üretilmekte olup üretim maliyetinin ise litre başına 70-85 cent arasında olduğu hesaplanmakta, piyasa satış fiyatı ise litre başına 1 YTL ile (2005 değeri) bir dolar artı KDV civarında olması beklenmektedir. Türkiye’nin yıllık motorin tüketiminin 10 milyon ton olduğu durumda %2’lik karıştırma oranı ile 200,000 m³ biyodizele ihtiyaç duyulacaktır. Yıllık 35 milyon ton olan petrol tüketiminin %2’si biyodizel ile karşılanırsa ihtiyaç duyulacak bitkisel veya hayvansal yağ miktarı ise 700 bin ton olacaktır (ZMO, 2005; Oğuz, 2005; TKB, 2005; Çetinkaya, 2006, von Braun, 2007).

Türkiye’nin yıllık benzin tüketimi ise 4.5 milyon m³’tür. Yüzde 5’lik karışım kullanıldığında (TSE standardı) 225,000 m³ (ton) biyoetanole ihtiyaç duyulacaktır. Türkiye koşullarında bir litre biyoetanol üretimi için 2.5 kg buğday kullanılacağı varsayılmaktadır. Benzer şekilde 1 m³ etanol üretmek için 2.6 ton buğday, 2.7 ton mısır ya da 10.3 ton şekerpancarına ihtiyaç vardır. Ülkede kullanılan tüm benzinin biyobenzin olması durumunda ise etanol üretimi için 150,000 ton buğday ya da 600,000 ton şekerpancarına ihtiyaç duyulacaktır. Bu miktarları elde etmede alternatif olarak mısır kullanılırsa üretimin 5 yıl içinde 8 milyon tona ya da buğday üretiminin 23 milyon tona çıkarılması mümkün olabilecektir. Biyoetanol üretiminde şu anki

⁹ Bursa’da Tarkim vasıtasıyla buğdaydan üretilmekte, Petrol Ofisi tarafından kurşunsuz benzinde kullanılmaktadır (Taşdan, 2005).

mevcut kapasite ise 135,000 tondur. Hedeflenen üretim rakamı olan 1 milyon tona çıkmak için ise 250 bin hektar mısır ya da 1 milyon hektar buğday ekmek gerekmektedir. Bir diğer alternatif te mevcut şekerpancarı arazisinin dörtte birine yapılacak kanola ekimi ile 1.5 milyon ton kanola ve bununla 500,000 ton biyodizel üretmektir (Oğuz, 2005; Taşdan, 2005; TKB, 2005; Akınerdem, 2007).

Bir ülke için biyoyakıt üretiminde etanol mi biyodizele mi yönelmeli sorusunun cevabı ise geliştirilen teknolojiye bağlı olarak üretim, pazarlama maliyetleri ve devlet desteklerine bağlı olarak verilecektir. Etanol ve biyodizel üretimi birlikte değerlendirildiğinde biyodizel için hammadde temininin daha zor, biyoetanol için ise daha kolay olduğu görülmektedir. Bunun temel sebebi de biyodizelin hammaddesi yağlı tohumlar iken Türkiye’de ham yağ açığı bulunmasıdır. Ancak biyoetanol yatırımı da biyodizele göre daha maliyetlidir. Türkiye’nin toplam biyoyakıt potansiyelinin biyodizel için yıllık 1,5 milyon ton ve biyoetanol için 3 milyon ton olduğu belirtilmektedir. Türkiye 2010 yılında AB’nin karışma oranını kullanmak isterse 1 milyon ton biyodizele ihtiyaç duyacaktır, bunun için de 1 milyon hektar arazinin ekilmesi ve 3 milyon ton yağlı tohum üretilmesi gerekmektedir. Biyoyakıtlara yönelik unutulmaması gereken bir husus; bu ürünlerin asıl üretim sebebinin fosil yakıtları daha ucuza ikame etme amacı değil, yukarıda bahsedilen enerji-çevre-tarım ve kırsal kalkınma politikalarını kökten etkileyecek bir unsur olmasıdır. Üretim için seçilecek ürünlerin çevreye etkisi de önemlidir. Örneğin mısır erozyonu artırabilecek, yetiştirilmesi için yüksek miktarda kimyasal madde gerektiren bir bitki iken kolza erozyona engel olabilecek yetiştirme maliyeti düşük bir rotasyon bitkisidir (Thoenes, 2005; TKB, 2006, Akınerdem, 2007; Ögüt, 2007).

4. Sonuç: Türkiye’de biyoyakıtların geleceği

Biyoyakıtların avantaj ve dezavantajlarını incelerken bir çok politikanın iç içe geçmiş olduğunu unutmamak gerekmektedir. Yenilenebilir kaynaklardan yakıt üretimi ve kullanımına yönelik oluşturulacak politikalarda enerji, çevre, tarım ve kırsal kalkınma konuları birbirlerine bağlı durumdadır. Enerji tarımı amaçlı üretimin incelenmesi üretimde kullanılırlarsa, örneğin, toplumun kullanılacak tohumun genetik değişime uğramış olup olmadığı, biyoçeşitliliğe verilebilecek zarar, işlenebilir tarım arazisinin ve kırsal alanın nasıl değerlendirileceği, gıda güvenliği gibi ilgili birçok konu sebebiyle detaylı analizler gerektirmektedir.

Biyoyakıt politikaları belirlenirken vurgulanması gereken bir diğer husus, tüm tarım ürünlerinin üretimi için söz konusu olduğu gibi, risk faktörünün önemidir. Bu yeni teknolojilerin iklim, toprak yapısı, çevre koşullarına göre ve yetiştirilme şekillerine bağlı bir öğrenme maliyetinin olması kaçınılmazdır. Buna ek olarak ürünün işlenmesi sırasında da dönüşüm maliyetleri oluşacaktır. Kısaca özetlemek gerekirse biyoyakıtların temel faydaları; biyokütleden elde edilen yenilenebilir bir enerji kaynağı olmaları ve dışa bağımlılığı azaltarak enerji güvenliği sağlamaları, fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında çevre dostu olmaları, enerji tarımı ile birlikte daha önceden kullanılmayan tarım alanlarının ekilmeye başlanacak olması, uygulanacak düzenlemeler ile kırsal kalkınmaya destek olmaları ve ekonomiye ivme kazandırmalarıdır.

Türkiye biyoyakıtlar açısından önemli oranda büyüme vadeden ülkeler arasında gösterilmektedir. Hemen her alanda olduğu gibi teknolojinin gelişmesi ekonomik ve politik sebeplerle ivme kazanacaktır. Burada sadece devlet ya da özel sektöre değil, ikisinin ortak çalışmasına ihtiyaç duyulacaktır. Alternatif şekillerde teknolojik gelişme mümkün olsa da kamu sektörün özel sektöre vereceği destekler ve teşvikler teknolojinin nasıl gelişeceğine yön verecektir.

Biyoyakıtların enerji, kırsal kalkınma ve çevre problemlerine alternatif bir çözüm olması mümkündür, ancak tarımsal girdi ve ürün fiyatlarını artırması ve elde edilecek gelirlerin/kârın paylaşılmasının hangi ölçüde küçük üreticiye yansıtacağı da net değildir. Gıda güvenliği, tarım ürünü fiyatları, su kaynaklarının yiyecek ve enerji tarımı arasında optimal dağılımı detaylı çalışma ve analiz gerektiren diğer hususlardır. Yenilenebilir ve yenilenmeyen enerji kaynakları arasında Türkiye nasıl bir tercih kullanacak bu da önemli bir diğer konudur. Biyoyakıt üretimine verilecek destek ve teşviklerin (sübvansiyon) kamu maliyesi açısından finansmanının nasıl sağlanacağı, hangi ürüne hangi oranda destek/teşvik verileceği cevaplanması gereken önemli sorular arasındadır.

Biyoyakıtların uluslararası ticaretinin nasıl oluşacağı şu an için belirgin değildir. Cevaplanması gereken oldukça fazla soru mevcuttur. Örneğin, Türkiye kendisi için mi yoksa ihracat amaçlı mı üretecek, ya da kurulan tesisler ithal hammadde kullanacak mı, Türkiye hangi ürünlere yönelecek, Türkiye gıda güvenliğini tehdit etmeyecekleri için bitki artıklarından mı biyokütle üretmeye yönelmelidir, Türkiye yatırım yapmak için ikinci kuşak ürünlerin teknolojisinin gelişmesini mi beklemelidir-yoksa bu

ürünlerin araştırma geliştirmesine mi yatırım yapmalıdır, Türkiye biyoyakıt alanında teknolojiyi ithal etmeyi mi seçmelidir, akla ilk gelen sorulardandır.

Alternatif yenilenebilir enerji kaynakları içinde Türkiye için biyoyakıtların yeri ne olacak sorusuna cevap verebilmek için detaylı planlama gerekmektedir. Ancak daha önce belirtildiğı gibi biyoyakıt üretimi sadece enerji değıl çevre, tarım ve kırsal kalkınma politikalarını da içerdığı için bu alanda yapılacak detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu çalışmalardan elde edilecek sonuçlar ile entegre ve dinamik politikaların üretilmesi gerekmektedir.

Kaynakça

- ABGS (2006) “Agenda Item: New and Renewable Sources of Energy and Demand Management-Part 1” <http://www.abgs.gov.tr>.
- Adaman, F., Özertan, G. (2007) “Perceptions and practices of farmers towards the salinity problem: the case of Harran Plain, Turkey”, *Int. J. Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 6(4/5), 533–551.
- Akinerdem, F. (2007) “Biyoyakıtlar ve Hammadde Temini”, http://www.emo.org.tr/etkinlikler/enerjiforumu/etkinlik_metin.php?etkinlikkod=28&metin_kod=366.
- Bhatt, B. (2006) “Biofuel-Economic & Environmental Benefits & Technological Aspect” APO Workshop on Utilisation of Biomass for Renewable Energy, Kathmandu-Nepal.
- Cassman K.G., Liska, A.J. (2007) “Food and fuel for all: realistic or foolish?”, *Biofuels Bioproducts and Biorefining*, 1, 18-23.
- Cetinkaya, S. (2006) “TURKEY: Biogas & Biodiesel Market in Turkey”, US Commercial Service, [http://commercecan.ic.gc.ca/scdt/bizmap/interface2.nsf/vDownload/ISA_5940/\\$file/X_3617351.DOC](http://commercecan.ic.gc.ca/scdt/bizmap/interface2.nsf/vDownload/ISA_5940/$file/X_3617351.DOC).
- Çelik, Nebi. (2006) “Türkiye tarımının mevcut durumu” Heinrich Böll Vakfı.
- Dale, B. E. (2007) “Thinking clearly about biofuels: ending the irrelevant ‘net energy’ debate and developing better performance metrics for alternative fuels”, *Biofuels Bioproducts and Biorefining*, 1, 14-17.
- Demirbas, A.H., Demirbas, I. (2007) “Importance of rural bioenergy for developing countries”, *Energy Conversion and Management*, 48, 2386–2398.

- De Vries, B.J.M., van Vuuren, D.P., Hoogwijk, M.M. (2007); “Renewable energy sources: Their global potential for the first-half of the 21st century at a global level: An integrated approach”, *Energy Policy*, 35, 2590–2610.
- DPT (2001) Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, [http:// ekutup.dpt.gov.tr/enerji/oik585.pdf](http://ekutup.dpt.gov.tr/enerji/oik585.pdf).
- DPT (2006) Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), <http://ekutup.dpt.gov.tr/plan/plan9.pdf>.
- DSİ (2007) “Toprak ve Su Kaynakları”, <http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm>.
- DuPont Performance Elastomers. (2007) “Biofuels update”, <http://www.dupontelastomers.com/autofocus/a4/af4.asp?article=biofuels>.
- EEA (2004) “Taşımacılıkta kullanılan biyoyakıtlar: enerji ve tarım sektörleri arasındaki bağlantılar”, Avrupa Çevre Ajansı, http://reports.eea.europa.eu/briefing_2004_4/tr/TR_Briefing_4.pdf.
- Eidman, V.R. (2005) “Agriculture’s Role in Energy Production: Current Levels and Future Prospects”, <http://www.farmfoundation.org/projects/documents/EIDMANpaperrevisedTOPOST12-19-05.pdf>.
- EIA (2007a) “International Energy Outlook 2007, Chapter 7- Energy-Related Carbon Dioxide Emissions”, <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/emissions.html>.
- EIA (2007b) “Top World Oil Producers and Consumers”, http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/topworldtables1_2.htm.
- Elobeid, A., Tokgoz, S., Hayes, D.J., Babcock, B.A., Hart, C.E. (2007) “The Long-Run Impact of Corn-Based Ethanol on the Grain, Oilseed, and Livestock Sectors with Implications for Biotech Crops”, *AgBioForum*, 10(1), 11-18.
- Farrell, A.E., Plevin, R.J., Turner, B.T., Jones, A.D., O’Hare, M., Kammen, D.M. (2006) “Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals”, *Science*, 311, 506-508.
- FAS-USDA (2007) <http://www.fas.usda.gov>.
- Gallagher, P.W. (2006) “Energy Production with Biomass: What Are the Prospects?”, *Choices*, 21(1), 21-25.
- Gallagher, P.W. (2007) “A look at US–Brazil ethanol trade and policy”, *Biofuels Bioproducts and Biorefining*, 1, 9-13.
- Green Car (2006) <http://www.greencarcongress.com/>

- IEA (2007) “Key World Energy Statistics”, International Energy Agency,
<http://www.iea.org>.
- Lange, J-P. (2007) “Lignocellulose conversion: an introduction to chemistry, process and economics”, Biofuels Bioproducts and Biorefining, 1, 39-48.
- Morris, M., Hill, A. (2006) “Ethanol Opportunities and Questions”, ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service, <http://www.attra.ncat.org>.
- Oğuz, S. (2005) “Yakıt tohumu getiren çiftçiye mazot bedava”,
<http://www.zaman.com.tr/webapp-tr/haber.do?haberno=145029>.
- Okursoy, R. (2006) <http://www20.uludag.edu.tr/~okursoy/mekanizasyon5.pdf>.
- Öğüt, H. (2007) “Enerji Güvenliğinin Sağlanmasında Biyoyakıtların Rolü”, Elektrik Mühendisleri Odası İç Anadolu Enerji Forumu, Haziran 2007, Nevşehir.
- Prieur-Vernat, A., His, S. (2007) “Biofuels Worlwide”, IFP, <http://www.ifp.fr>.
- Ragauskas, A.J. ve diğerleri. (2006), “The Path Forward for Biofuels and Biomaterials”, Science, 311, 484-489.
- Runge, C.F., Senauer, B. (2007) “How Biofuels Could Starve the Poor”, Foreign Affairs, <http://www.foreignaffairs.org>.
- Sims, R.E.H., Hastings, A., Schlamadinger, B., Taylor, G., Smith, P. “Energy crops: current status and future prospects”, Global Change Biology 12, 2054–2076.
- Schnepf, R. (2007) “Agriculture-Based Renewable Energy Production”, CRS Order Code RL32712. Washington, DC: Congressional Research Service,
<http://www.nationalaglawcenter.org/assets/crs/RL32712.pdf>.
- Scott, N. (2006) “Renewable Energy Systems to Enhance the Prosperity of Rural Communities”,
<http://www.cornell.edu/landgrant/resources/RenewableEnergy.pdf>.
- Sofuoğlu, A. (2003) “Hava Kirliliği”,
http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/csk/EK-6.pdf.
- Şahin, M. (2007) “I. Ulusal Bildirim ve Ülkemiz Politikaları”, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı,
<http://www.undp.org.tr/demGovDocs/climchan/Msahinsunum23Mart07.pdf>.
- Taşdan, K. (2005) “Biyoyakıtların Türkiye tarım ürünleri piyasalarına olası etkileri: Biyobenzin-etanol”, Tarım ve Mühendislik, 75, 27-29.
- Thoenes, P. (2006) “Biofuels and Commodity Markets–Palm Oil Focus” FAO, Commodities and Trade Division,
http://www.fao.org/es/ESC/common/ecg/110542_en_full_paper_English.pdf.

- TKB (2005) Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı,
<http://www.tarim.gov.tr/arayuz/10/haberayrintisi.asp?ay=3&yil=2005&ID=580>.
- TKB (2006) Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı,
http://www.tarim.gov.tr/arayuz/10/icerik.asp?fl=duyurular/ayin_konugu/ayin_konugu_Kasim2006.htm.
- Torney, F., Moeller, L., Scarpa, A., Wang, K. (2007) “Genetic engineering approaches to improve bioethanol production from maize”, *Current Opinion in Biotechnology*, 18, 193–199.
- Transportenvironment (2004) “Greenhouse gas emissions from transport in the EU25”, http://www.transportenvironment.org/docs/Publications/2006/2006-07_ghg_emissions_transport_eea_analysis_2004.pdf.
- TUIK (2007) <http://www.tuik.gov.tr>
- Tübitak (2005) “Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: Enerji ve Tabii Kaynaklar Kamu Araştırma Programı”,
http://www.tubitak.gov.tr/.../ARDEB/kamag/Turkiye_Ulusal_Enerji_ve_Tabii_Kaynaklar_Arastirma_Programi.pdf.
- Ültanır, M. Ö. (1998) “21. Yüzyıla Girerken Türkiye' nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi”, Tüsiad,
<http://www.tusiad.org/turkish/rapor/enerji/pdf/index.html>.
- von Braun, J. (2007) “Promises and Challenges When Food Makes Fuel”, Crawford Fund Conference on Biofuels, Energy, and Agriculture-Powering Towards World Food Security, Canberra, Avustralya.
- Walter, A. (2006) “Biofuels in developing countries and rapidly emerging economies–Socio-economic and political aspects”, *Biofuels for Transportation: Global Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy*, 16-17 Mayıs, Berlin, Almanya.
- World Bank (2007) Turkey Data Profile,
<http://devdata.worldbank.org/external/CPPProfile.asp?PTYPE=CP&CCODE=TUR>
- Worldwatch Institute (2006) “Biofuels for Transportation: Global Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy in the 21st Century-Extended Summary”, Washington, DC, ABD.

- Zilberman, D. (2007) “Global Biofuel Developments: Modeling the Effects on Agriculture: Workshop Discussion and Summary”,
<http://www.farmfoundation.org/projects/documents/Zilbermansummary.pdf>.
- Zilberman, D., Sexton, S., Hochman, G., Rajagopal, D., Roland-Holst, D. (2007)
“The Intersection of Energy and Agriculture: Biofuel and New Technology”,
<http://www.ebiweb.org/pdfs/3-19-07%20EBI%20Forum%20Zilberman.pdf>.
- Zeyrek, D. (2005) “Nükleer ve Kyoto 2012'de”,
<http://www.radikal.com.tr/haber.php?haberno=147021>.